

Rec'd PCT/EP 15 JUL 2005

10/542497

nur einem Röntgenstrahler vorgeschlagen, bei welchen das Topogramm ebenfalls quasi "online" durch Extraktion von Daten entsteht, die während der eigentlichen Abtastung aus einer Vielzahl von Projektionsrichtungen, z.B. bei der Spiralabtastung, anfallen. Solche Verfahren sind aus EP 0 531 993 B1, DE 41 03 588 C1 und DE 199 25 395 A1 bekannt.

Aus den genannten Dokumenten ist es auch bekannt, die oder eine der Röntgenröhren impulsartig nur an den oder dem für ein Topogramm nötigen Projektionswinkel(n) emittieren zu lassen.

In EP 1 116 475 A1 ist außerdem ein sogenanntes synthetisches Topogramm vorgeschlagen, das dadurch erzeugt wird, dass zunächst ein 3D-Datensatz aus den Projektionsdatensätzen rekonstruiert wird und dass aus dem 3D-Datensatz das Schattenbild nachträglich berechnet wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren sowie ein Tomographie-Gerät der eingangs genannten Art so fortzubilden, dass der gesamte Arbeitsablauf bei der Untersuchung mehrerer Patienten schneller ausführbar ist.

Nach der Erfindung wird diese Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zum Betrieb eines Tomographie-Geräts, welches eine um eine Systemachse rotierbare Abtasteinheit, eine Lagerungsvorrichtung für ein Untersuchungsobjekt und eine Steuereinrichtung zur Ansteuerung der Abtasteinheit aufweist, wobei die Rotation der Abtasteinheit vom Beginn der Untersuchung eines ersten Untersuchungsobjekts bis zum Ende der Untersuchung eines zweiten Untersuchungsobjekts nicht unterbrochen wird. Die Drehfrequenz der Abtasteinheit wird dabei in Abhängigkeit von der Art der gewünschten Untersuchung, beispielsweise für eine Untersuchung des Herzens oder des Abdomens eines Patienten, unterschiedlich eingestellt. Wenn keine Untersuchung eines Untersuchungsobjekts stattfindet, wird eine voreingestellte Ruhedrehfrequenz eingestellt, die kleiner als die für die

verschiedenen Untersuchungen verfügbaren Drehfrequenzen ist oder im Bereich des Mittelwertes der für die verschiedenen Untersuchungen verfügbaren Drehfrequenzen liegt.

- 5 Die Erfindung geht von der Überlegung aus, dass Zeiten zum Abbremsen oder zum Anfahren der Abtasteinheit einen maßgeblichen Anteil an der insgesamt zur Untersuchung mehrerer Patienten nötigen Zeitspanne haben. Beispielsweise beträgt die Abbrems- und Anfahrzeit für die rotierende Gantry eines CT
- 10 jeweils ca. 0,5 bis 1 Minute. Das rührt zum Teil von der großen rotierten Masse her, die jeweils eine rampenartige positive bzw. negative Beschleunigung sowie ein Abwarten eines

gern ist durch die gleichmäßige Bewegung verbessert.

- iv) Die Temperaturstabilität und -homogenität des gesamten Tomographie-Geräts ist verbessert. Das wirkt sich im besonderen auch im Datenerfassungssystem aus. Auch die Kühlung ist dadurch vereinfacht.

Die unterbrechungsfreie Rotation der Abtasteinheit kann eine Rotation mit konstanter Geschwindigkeit bedeuten. Vorzugsweise wird die Rotationsgeschwindigkeit oder die Drehfrequenz aber, wie bereits erwähnt, in Abhängigkeit von der Art der gewünschten Untersuchung (Applikation), beispielsweise für eine Untersuchung des Herzens oder des Abdomens eines Patienten, unterschiedlich eingestellt.

Wie vorstehend schon angeführt wird das Tomographie-Gerät insbesondere derart angesteuert, dass die Abtasteinheit dann, falls gerade keine Untersuchung stattfindet, mit einer vor-eingestellten Drehzahl rotiert ("Stand-by-Stellung"). Diese Drehzahl (Ruhedrehzahl) ist beispielsweise kleiner als die für die Applikationen verfügbaren Drehzahlen oder liegt im Bereich des Mittelwertes der für die Applikationen verfügbaren Drehzahlen, so dass die Veränderung der Drehzahl bei einer neuen Applikation im Mittel gering ist.

Zwischen den unterschiedlichen Applikationen oder zwischen einer Applikation und der Rotation in der Stand-by-Stellung wird die Drehzahl vorzugsweise kontinuierlich geändert.

Nach einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens erstreckt sich der Zeitraum der ununterbrochenen Rotation der Abtasteinheit über eine Arbeitsschicht, über einen Arbeitstag oder über eine Vielzahl von Untersuchungen. Die Arbeitsschicht bzw. der Arbeitstag betreffen beispielsweise die medizinische Einrichtung (Krankenhaus, Arztpraxis), der das Tomographie-Gerät zugeordnet ist. Der Zeitraum der ununterbrochenen Rotation kann sich auch über eine Woche oder länger erstrecken.

achse ausgedehntem Detektorsystem kann die Relativbewegung der Röntgenstrahlenquelle parallel zur Systemachse evtl. entfallen.

- 5 Bei dem Verfahren nach der Erfindung kann die Schicht- und/oder Volumenabtastung gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform in Form einer Spiralabtastung erfolgen. Hierzu kann die Lagerungsvorrichtung einerseits und die Röntgenstrahlenquelle und das Detektorsystem andererseits bei Verla-
- 10 gerung der Röntgenstrahlenquelle um die Systemachse wenigstens im wesentlichen in Richtung der Systemachse relativ zueinander verschiebbar sein.

- Die gerätebezogene Aufgabe wird nach der Erfindung gelöst
- 15 durch Tomographie-Gerät mit einer um eine Systemachse rotierbaren Abtasteinheit, einer Steuereinrichtung zur Ansteuerung der Abtasteinheit und einer Lagerungsvorrichtung für ein Untersuchungsobjekt, wobei die Steuereinrichtung derart ausgebildet ist, dass die Abtasteinheit vom Beginn der Untersu-
- 20 chung eines ersten Untersuchungsobjekts bis zum Ende der Untersuchung eines zweiten Untersuchungsobjekts ohne Unterbrechung rotierbar ist. Die Drehfrequenz der Abtasteinheit ist durch die Steuereinrichtung in Abhängigkeit von der Art der gewünschten Untersuchung, beispielsweise für eine Untersu-
- 25 chung des Herzens oder des Abdomens eines Patienten, unterschiedlich einstellbar. Wenn keine Untersuchung eines Untersuchungsobjekts stattfindet, ist eine voreingestellte Ruhedrehfrequenz eingestellt, die kleiner als die für die verschiedenen Untersuchungen verfügbaren Drehfrequenzen ist oder
- 30 im Bereich des Mittelwertes der für die verschiedenen Untersuchungen verfügbaren Drehfrequenzen liegt.

- Vorteile und bevorzugte Ausführungsformen des Tomographie-Geräts nach der Erfindung gelten analog wie für das Verfahren
- 35 der Erfindung.

Das Tomographie-Gerät nach der Erfindung ist vorzugsweise als Röntgen-Computertomographie (CT) - Gerät ausgebildet. Es kann auch als Einzelphotonenemissions-Tomographie (SPECT) - Gerät oder als Positronenemissions-Tomographie (PET) - Gerät oder
5 als Kombination solcher Geräte, z.B. als PET/CT-Gerät, ausgebildet sein. Für solche Geräte ist auch das Verfahren nach der Erfindung anwendbar.

10 Nach einer besonders bevorzugten Ausgestaltung umfasst die Abtasteinheit eine um eine Systemachse rotierbare Röntgenstrahlenquelle und ein Detektorsystem zur Aufnahme der von der Röntgenstrahlenquelle ausgehenden Röntgenstrahlung, wobei die Steuereinrichtung derart ausgebildet ist, dass zumindest

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Tomographie-Geräts, welches eine um eine Systemachse (Z) rotierbare Abtasteinheit (1),
5 eine Lagerungsvorrichtung (9) für ein Untersuchungsobjekt und eine Steuereinrichtung (18) zur Ansteuerung der Abtasteinheit (1) aufweist, wobei die Rotation der Abtasteinheit (1) vom Beginn der Untersuchung eines ersten Untersuchungsobjekts (U1) bis zum Ende der Untersuchung eines zweiten Untersuchungsobjekts (U2) nicht unterbrochen wird
10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s die Drehfrequenz (f_{Rot}) der Abtasteinheit (1) in Abhängigkeit von der Art der gewünschten Untersuchung, beispielsweise für eine Untersuchung des Herzens oder des Abdomens eines Patienten, unterschiedlich eingestellt wird und eine voreingestellte Ruhedrehfrequenz (f_A) eingestellt wird, die kleiner als
15 die für die verschiedenen Untersuchungen verfügbaren Drehfrequenzen (f_{Rot}) ist oder im Bereich des Mittelwertes der für die verschiedenen Untersuchungen verfügbaren Drehfrequenzen (f_{Rot}) liegt, wenn keine Untersuchung eines Untersuchungsobjekts stattfindet.
20

2. Verfahren nach Anspruch 1 ,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s
25 sich der Zeitraum (Δt) der ununterbrochenen Rotation der Abtasteinheit (1) über eine Arbeitsschicht, über einen Arbeitstag oder über eine Vielzahl von Untersuchungen erstreckt.

30 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s sich der Zeitraum (Δt) der ununterbrochenen Rotation der Abtasteinheit (1) über mindestens eine Stunde oder über mindestens drei Stunden erstreckt.
35

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s

das Tomographie-Gerät ein Röntgen-Computertomographie (CT) -
Gerät ist, dessen Abtasteinheit (1) eine um die Systemachse
(Z) rotierbare Röntgenstrahlenquelle (2) und ein Detektorsys-
tem (5) zur Aufnahme der von der Röntgenstrahlenquelle (2)
5 ausgehenden Röntgenstrahlung aufweist, wobei zumindest die
Rotation der Röntgenstrahlenquelle (2) vom Beginn der Unter-
suchung eines ersten Untersuchungsobjekts (U1) bis zum Ende
der Untersuchung eines zweiten Untersuchungsobjekts (U2)
nicht unterbrochen wird.

10

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei die Untersuchung des ers-
ten und/oder zweiten Untersuchungsobjekts (U1, U2) folgende
Verfahrensschritte aufweist:

15 a) Aufnahme eines Röntgenschatenbildes des Untersuchungsob-
jekts bei rotierender Röntgenstrahlenquelle (2),
und dann:

b) Durchführung einer Schicht- und/oder Volumenabtastung des
Untersuchungsobjekts bei rotierender Röntgenstrahlenquel-
le, wobei die Röntgenstrahlenquelle (2) an einer Vielzahl
20 von Winkelstellungen Röntgenstrahlung emittiert und je-
weils Projektionsdaten von dem Detektorsystem (5) detek-
tiert werden,

und wobei die Rotation der Röntgenstrahlenquelle (2) vom Be-
ginn des Schrittes a) bis zum Ende des Schrittes b) nicht un-
25 terbrochen wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5,
wobei zur Aufnahme des Röntgenschatenbildes bei Schritt a)
die Röntgenstrahlenquelle (2) impulsartig jeweils an einer
30 für das Röntgenschatenbild vorgebbaren Winkelstellung Rönt-
genstrahlung emittiert, wobei entsprechende Durchstrahlungs-
daten von dem Detektorsystem (5) detektiert werden, und wobei
insbesondere die Röntgenstrahlenquelle (2) parallel zur Sys-
temachse (Z) und relativ zum Untersuchungsobjekt bewegt wird.

35

7. Verfahren nach Anspruch 4, wobei die Untersuchung des ers-
ten und/oder zweiten Untersuchungsobjekts (U1, U2) folgende

Verfahrensschritte aufweist:

- 5 a) Durchführung einer Schicht- und/oder Volumenabtastung des Untersuchungsobjekts bei rotierender Röntgenstrahlenquelle (2), wobei die Röntgenstrahlenquelle (2) an einer Vielzahl von Winkelstellungen Röntgenstrahlung emittiert und jeweils Projektionsdaten von dem Detektorsystem (5) detektiert werden, und wobei insbesondere die Röntgenstrahlenquelle (2) parallel zur Systemachse (Z) und relativ zum Untersuchungsobjekt bewegt wird,
- 10 b) Erzeugung eines Röntgenschatenbildes des Untersuchungsobjekts simultan mit der Schicht- und/oder Volumenabtastung, indem für das Röntgenschatenbild passende Projektionsdaten aus den bei der Schicht- und/oder Volumenabtastung anfallenden Daten selektiert werden.

15

8. Verfahren nach Anspruch 4, wobei die Untersuchung des ersten und/oder zweiten Untersuchungsobjekts (U1, U2) folgende Verfahrensschritte aufweist:

- 20 a) Durchführung einer Schicht- und/oder Volumenabtastung des Untersuchungsobjekts bei rotierender Röntgenstrahlenquelle (2), wobei die Röntgenstrahlenquelle (2) an einer Vielzahl von Winkelstellungen Röntgenstrahlung emittiert und jeweils Projektionsdaten von dem Detektorsystem (5) detektiert werden, und wobei insbesondere die Röntgenstrahlen-
- 25 quelle (2) parallel zur Systemachse (Z) und relativ zum Untersuchungsobjekt bewegt wird,
- b) Rekonstruktion eines 3D-Datensatzes aus den bei der Schicht- und/oder Volumenabtastung anfallenden Projektionsdaten, und
- 30 c) Berechnung eines Röntgenschatenbildes des Untersuchungsobjekts als synthetisches Projektionsbild aus dem 3D-Datensatz.

35 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 8, bei welchem die Schicht- und/oder Volumenabtastung in Form einer Spiralabtastung erfolgt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s
 eine Kalibrierung des Tomographie-Geräts während der Rotation
 der Abtasteinheit (1) vorgenommen wird.

5

11. Tomographie-Gerät mit einer um eine Systemachse (Z) ro-
 tierbaren Abtasteinheit (1), einer Steuereinrichtung (18) zur
 Ansteuerung der Abtasteinheit (1) und einer Lagerungsvorrich-
 tung (9) für ein Untersuchungsobjekt, wobei die Steuerein-
 richtung (18) derart ausgebildet ist, dass die Abtasteinheit
 (1) vom Beginn der Untersuchung eines ersten Untersuchungsob-
 jekts (U1) bis zum Ende der Untersuchung eines zweiten Unter-
 suchungsobjekts (U2) ohne Unterbrechung rotierbar ist
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s
 die Drehfrequenz (f_{Rot}) der Abtasteinheit (1) durch die Steu-
 ereinrichtung (18) in Abhängigkeit von der Art der gewünsch-
 ten Untersuchung, beispielsweise für eine Untersuchung des
 Herzens oder des Abdomens eines Patienten, unterschiedlich
 einstellbar ist und dass eine voreingestellte Ruhedrehfre-
 quenz (f_A) eingestellt ist, die kleiner als die für die ver-
 schiedenen Untersuchungen verfügbaren Drehfrequenzen (f_{Rot})
 ist oder im Bereich des Mittelwertes der für die verschiede-
 nen Untersuchungen verfügbaren Drehfrequenzen (f_{Rot}) liegt,
 wenn keine Untersuchung eines Untersuchungsobjekts stattfin-
 det.

25

12. Tomographie-Gerät nach Anspruch 11, welches als Röntgen-
 Computertomographie (CT) - Gerät ausgebildet ist.

13. Tomographie-Gerät nach Anspruch 12, wobei die Abtastein-
 heit (1) eine um eine Systemachse (Z) rotierbare Röntgen-
 strahlenquelle (2) und ein Detektorsystem (5) zur Aufnahme
 der von der Röntgenstrahlenquelle (2) ausgehenden Röntgen-
 strahlung umfasst, und wobei die Steuereinrichtung (18) der-
 art ausgebildet ist, dass zumindest die Röntgenstrahlenquelle
 (2) vom Beginn der Untersuchung eines ersten Untersuchungsob-

35

jekts (U1) bis zum Ende der Untersuchung eines zweiten Untersuchungsobjekts (U2) ohne Unterbrechung rotierbar ist.

5 14. Tomographie-Gerät nach einem der Ansprüche 11 bis 13 mit einer Kühleinrichtung (42) zur Abfuhr von Wärme von der Abtasteinheit (1),
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s
die Kühleinrichtung (42) Luftmitnehmer zur Erzeugung eines Luftstromes aufweist, wobei die Luftmitnehmer an einem die
10 Abtasteinheit (1) tragenden Drehrahmen (40) derart angebracht und derart dimensioniert sind, dass bei Rotation des Drehrahmens (40) eine zum Kühlen der Abtasteinheit (1) ausreichende Kühlleistung erreicht wird.

15 15. Tomographie-Gerät nach Anspruch 14,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s
die Luftmitnehmer als Luftschaufeln (43) ausgebildet sind.

20 16. Tomographie-Gerät nach Anspruch 14 oder 15,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s
die Luftmitnehmer an einer Außenseite des Drehrahmens (40) oder an einer Außenseite einer Gehäusewand des Drehrahmens (40) angeordnet sind.

25